



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 101 22 297 C 1

⑤1 Int. Cl. 7:  
F 15 B 15/22  
F 15 B 15/28

②1 Aktenzeichen: 101 22 297.1-14  
②2 Anmeldetag: 8. 5. 2001  
④3 Offenlegungstag: -  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 27. 6. 2002

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
FESTO AG & Co., 73734 Esslingen, DE

⑦4 Vertreter:  
Patentanwälte Magenbauer, Reimold, Vetter &  
Abel, 73730 Esslingen

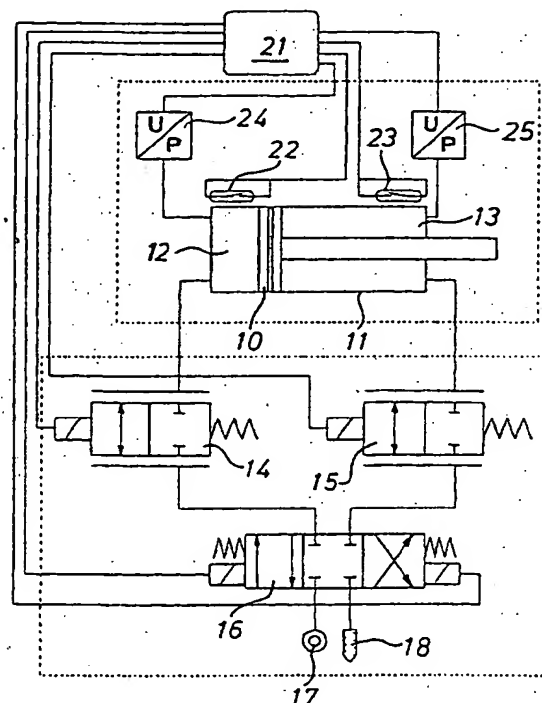
⑦2 Erfinder:  
Ohmer, Michael, 73240 Wendlingen, DE; Risle,  
Andreas, 73734 Esslingen, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 198 01 338 C1  
DE 43 39 444 A1  
DE 37 08 989 A1  
US 56 15 593 A

⑤4 Vorrichtung zur gedämpften Positionierung eines in einem Zylinder verschiebbaren Kolbens in einer Anschlagposition

⑤7 Es wird eine Vorrichtung zur gedämpften Positionierung eines in einem Zylinder (11) verschiebbaren Kolbens (10) in einer Anschlagposition vorgeschlagen. An einer elektronischen Steuereinrichtung (21) sind hierzu Sensormittel (22, 23) zur Erfassung wenigstens eines Abbremsvorgangs vor Erreichen der Anschlagposition auslösenden Auslöseposition sowie eine erste und zweite Proportionalventilanordnung (14, 15) zur Steuerung der Fluidzufuhr und -abfuhr in den beiden Zylinderkammern (12, 13) zu beiden Seiten des Kolbens (10) angeschlossen. Die Steuereinrichtung (21) ist zur Durchführung eines zweiphasigen Annäherungsvorgangs an die Anschlagposition ausgebildet, bei dem in der ersten Phase bei Erreichen der Auslöseposition beide Proportionalventilanordnungen (14, 15) in Drosselstellungen bringbar sind und bei dem in der zweiten, vor Beginn einer Druckabsenkung in der das Fluid abgebenden Zylinderkammer (13) beginnenden Phase ein festlegbarer, eine Kriechbewegung des Kolbens (10) bewirkender Differenzdruck zwischen den beiden Zylinderkammern (12, 13) einstellbar ist. Mit dieser Vorrichtung können unter Verwendung einfacher Sensoren und einer einfachen Steuerung auch bei schwierigen Betriebsbedingungen sanfte Abbremsvorgänge unter Vermeidung der Gefahr eines Rückschlingens realisiert werden.



DE 101 22 297 C 1

DE 101 22 297 C 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur gedämpften Positionierung eines in einem Zylinder verschiebbaren Kolbens in einer Anschlagposition, mit an einer elektronischen Steuereinrichtung angeschlossenen Sensormitteln zur Erfassung wenigstens einer einen Abbremsvorgang vor Erreichen der Anschlagposition auslösenden Auslöseposition, und mit einer an der Steuereinrichtung angeschlossenen ersten und zweiten Proportionalventilanordnung zur Steuerung der Fluidzufuhr und -abfuhr in den beiden Zylinderkammern zu beiden Seiten des Kolbens.

[0002] Bei einer derartigen, aus der DE 37 08 989 A1 bekannten Vorrichtung wird zum exakten und sicheren Anfahren der Anschlagposition ein Druckregler benötigt, der jedoch technisch und kostenmäßig aufwendig ist. Weiterhin ist eine derartige Vorrichtung aus der DE 198 01 338 C1 bekannt, bei der eine Positions- und Geschwindigkeitsregel-einrichtung zum sicheren Anfahren der Anschlagpositionen verwendet wird. Neben der aufwendigen Regeleinrichtung ist hierzu eine kontinuierliche Positionserfassung und ein entsprechend aufwendiges Wegmesssystem erforderlich.

[0003] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, eine Vorrichtung der eingangs genannten Gattung zu schaffen, bei der ein sicheres und rückfederungsfreies Anfahren einer Anschlagposition mit einer einfachen Steuerung und einfachen und kostengünstigen Positionssensoren möglich ist.

[0004] Diese Aufgabe wird in Zusammenhang mit den Oberbegriffsmerkmalen des Patentanspruchs 1 in Zusammensetzung mit den Oberbegriffsmerkmalen des Patentanspruchs 1 dadurch gelöst, dass die Steuereinrichtung zur Durchführung eines zweiphasigen Annäherungsvorgangs an die Anschlagposition ausgebildet ist, bei dem in der ersten Phase bei Erreichen der Auslöseposition beide Proportionalventilanordnungen in Drosselstellungen bringbar sind und bei dem in der zweiten, vor Beginn einer Druckabsenkung in der das Fluid abgebenden Zylinderkammer beginnenden Phase ein festlegbarer, eine Kriechbewegung des Kolbens bewirkender Differenzdruck zwischen den beiden Zylinderkammern einstellbar ist.

[0005] Obwohl die erfindungsgemäße Vorrichtung auf einer einfachen Steuerung unter Verzicht auf eine Regelung basiert, ist ein schnelles und sicheres Anfahren der Anschlagposition ohne Gefahr von Rückschwingern gewährleistet, selbst bei Schwankungen der Betriebsbedingungen und Arbeitsverhältnisse. Dabei ist kein aufwendiges Wegmesssystem erforderlich, sondern ein einfacher Positionssensor ist ausreichend zur Auslösung der ersten Phase des Abbremsvorgangs. Durch die Umschaltung auf einen festlegbaren Differenzdruck in der zweiten Phase ist ein sicheres Anfahren der Anschlagposition möglich, wobei der Beginn der zweiten Phase in vorteilhafter Weise schon vor Beginn einer Druckabsenkung in der das Fluid abgebenden Zylinderkammer eingeleitet wird, um Rückschwinger auf Grund der Trägheit des Systems sicher zu verhindern.

[0006] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen Vorrichtung möglich.

[0007] Beide Proportionalventilanordnungen weisen in der ersten Phase des Abbremsvorgangs vorzugsweise im Wesentlichen gleiche Drosselstellungen auf, die einfach realisierbar sind.

[0008] Der Beginn der zweiten Phase des Abbremsvorgangs wird in vorteilhafter Weise durch Bildung der ersten und vorzugsweise auch der zweiten zeitlichen Ableitung des Druckverlaufs in der das Fluid abgebenden Zylinderkammer

erfasst, wobei ein festlegbarer Zeitpunkt vor dem Nulldurchgang der ersten Ableitung oder ein festlegbarer Zeitpunkt nach dem Nulldurchgang der zweiten Ableitung den Beginn der zweiten Phase bestimmt. Vorzugsweise kann eine vorgebbare Absenkung des Verlaufs der ersten Ableitung nach dem Nulldurchgang der zweiten Ableitung den festlegbaren Zeitpunkt bilden. Diese mathematische Festlegung des Beginns der zweiten Phase durch einfache Druck-erfassung kann elektronisch einfach und kostengünstig realisiert werden.

[0009] Um die Kriechbewegung in der zweiten Phase optimal einstellen zu können, ist die Steuereinrichtung in einer vorteilhaften Ausgestaltung zur Erfassung des vorgebbaren Differenzdrucks der zweiten Phase in einem Lernvorgang ausgebildet, bei dem die Kriechbewegung des Kolbens vorzugsweise in den beiden Bewegungsrichtungen einstellbar ist.

[0010] Die Steuereinrichtung ist zweckmäßigerweise für den Bewegungsvorgang vor Erreichen der ersten Phase zur Einstellung der ersten Proportionalventilanordnung als Zuluftventil und der zweiten Proportionalventilanordnung als Abluftdrossel ausgebildet, so dass die Kolbengeschwindigkeit optimal in der gewünschten Weise eingestellt werden kann.

[0011] In einer zweckmäßigen Ausgestaltung sind die beiden Proportionalventilanordnungen entweder durch zwei 3/3-Servoventile oder durch zwei 2/2-Servoventile in Verbindung mit einem 4/3- oder 4/2-Wegeschaltventil gebildet.

[0012] Jede Zylinderkammer ist mit einem Drucksensor versehen oder verbunden, um die erforderlichen Ableitungen des Druckverlaufs aus den entsprechenden Sensorsignalen bilden zu können.

[0013] Um bei der Bewegung vor Erreichen des Abbremsvorgangs ruckartige Bewegungen zu vermeiden und beispielsweise einen sanften Anlauf realisieren zu können, besitzt die Steuereinrichtung in vorteilhafter Weise Mittel zur gesteuerten Bewegung des Kolbens in Abhängigkeit vorgegebener Bewegungsfunktionen, insbesondere Rampenfunktionen.

[0014] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0015] Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Positioniervorrichtung mit zwei 2/2-Servoventilen und einem 4/3-Wegeschaltventil,

[0016] Fig. 2 eine abgewandelte Version in einer Teilan-sicht mit zwei 3/3-Servoventilen,

[0017] Fig. 3 ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Wirkungsweise,

[0018] Fig. 4 ein entsprechendes Signaldiagramm zur Erläuterung der Wirkungsweise und

[0019] Fig. 5 ein Diagramm zur Erläuterung des Beginns der zweiten Phase des Abbremsvorgangs.

[0020] Bei dem in Fig. 1 als Blockschaltbild dargestellten Ausführungsbeispiel ist ein Kolben 10 in einem doppelwirkenden Zylinder 11 verschiebbar angeordnet. Durch den Kolben 10 wird der Innenraum des Zylinders 11 in eine erste Zylinderkammer 12 und eine zweite Zylinderkammer 13 aufgeteilt. Zur Bewegung des Kolbens 10 ist die erste Zylinderkammer 12 über ein als Proportionalventil ausgebildetes 2/2-Servoventil 14 und die zweite Zylinderkammer 13 über ein gleichartiges 2/2-Servoventil 15 mit einem 4/3-Wegeschaltventil 16 verbunden, durch das die beiden Zylinderkammern 12, 13 entweder gesperrt oder alternativ mit einer fluidischen Druckquelle 17 bzw. einem Abluftstrang 18 verbunden werden können. In einer einfacheren Version kann anstelle des 4/3-Wegeschaltventils 16 auch ein 4/2-Wegeschaltventil treten. Die in Fig. 1 dargestellte Ventilanord-

nung 14 bis 16 kann auch durch die in Fig. 2 dargestellte Ventilanordnung ersetzt werden, die aus zwei als Proportionalventile ausgebildeten 3/3-Servoventilen 19, 20 besteht, über die wiederum die beiden Zylinderkammern 12, 13 alternativ mit der fluidischen Druckquelle 17 bzw. dem Abluftstrang 18 verbindbar sind.

[0021] Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf lineare Antriebe beschränkt, sondern ist in gleicher Weise auch auf rotative Antriebe, jeweils mit oder ohne Kolbenstange, anwendbar. Der fluidische Antrieb kann dabei pneumatisch oder hydraulisch erfolgen.

[0022] Die Ventile 14 bis 16 oder alternativ die Ventile 19, 20 werden durch eine elektronische Steuereinrichtung 21 gesteuert. Dieser werden eingangsseitig die Signale zweier Näherungsschalter 22, 23 zugeführt, die jeweils eine bestimmte Wegstrecke vor den beiden Endanschlagpositionen des Kolbens 10 angeordnet sind und ein Steuersignal erzeugen, wenn der Kolben die jeweilige Position dieser Näherungsschalter 22, 23 erreicht, die jeweils als Auslöseposition für die Einleitung des Abbremsvorgangs des Kolbens 10 dient, um diesen sanft an die jeweilige Anschlagposition heranzuführen. Dies wird später noch genauer erläutert. Die Näherungsschalter sind im Ausführungsbeispiel als Reed-Schalter dargestellt, jedoch können selbstverständlich auch andere magnetisch, elektrisch, elektromagnetisch, mechanisch oder optisch arbeitende Positionssensoren verwendet werden.

[0023] Anstelle von Näherungsschaltern bzw. Positionssensoren können prinzipiell auch Kurzwegmesssysteme an den Zylinder-Endbereichen vorgesehen sein, oder ein komplettes Wegmesssystem wird eingesetzt. Dieses ist allerdings nur dann erforderlich, wenn eine Bewegungssteuerung oder -regelung für den Kolben vorgesehen ist. Für die gedämpfte Positionierung in der Anschlagposition sind derartige Wegmesssysteme nicht erforderlich und werden nur dann eingesetzt, wenn sie ohnehin vorhanden sind.

[0024] Die beiden Zylinderkammern 12, 13 sind weiterhin mit zwei Drucksensoren 24, 25 zur Erfassung des jeweiligen Kammerdrucks verbunden, wobei diese Drucksensoren 24, 25 selbstverständlich auch im Zylinder 11 integriert sein können. Ein druckabhängiges Spannungssignal wird jeweils der elektronischen Steuereinrichtung 21 zugeführt.

[0025] In der Warteposition 26 gemäß Fig. 3 sind beide Servoventile 14, 15 (V1 bzw. V2) geöffnet (I), und das Wegeschaltventil 16 ist so eingestellt, dass die zweite Zylinderkammer 13 mit der fluidischen Druckquelle 17 und die erste Zylinderkammer 12 mit dem Abluftstrang 18 verbunden ist. Kommt nun ein Startsignal S1 zur Einleitung einer Kolbenbewegung nach rechts, so wird das Wegeschaltventil 16 umgesteuert, das Servoventil 14 ist als Zuluftventil ganz geöffnet, und das Servoventil 15 dient als Abluftdrossel und ist teilweise geschlossen. Diese Bewegungsstellung 27 wird während der Bewegungsphase aus A von links nach rechts zunächst beibehalten. Die Stellung des ersten Servoventils 14 ist dabei durch eine gestrichelte Linie und die Stellung des zweiten Servoventils 15 als dünne, durchgezogene Linie dargestellt. Gemäß Fig. 4 ist das Servoventil 15 in der Abluftdrosselstellung halb geschlossen.

[0026] Erreicht der Kolben 10 den rechten Näherungsschalter 23, so erzeugt dieser zum Zeitpunkt t1 ein Schaltsignal S2, das den Bremsvorgang einleitet. Hierzu wird das Servoventil 15 (V2) nahezu ganz geschlossen und dient nun als Dämpfungsdrossel. Auch das Servoventil 14 wird in die gleiche oder eine ähnliche Dämpfungsstellung gebracht. Infolge der Systemträgheit beginnt die Kolbengeschwindigkeit nun in dieser ersten Bremsphase B1 nach einer gewissen Verzögerung abzunehmen. Die erste Bremsstellung 28 wird nun während der ersten Bremsphase B1 beibehalten.

[0027] Zum Zeitpunkt t2 ist die erste Bremsphase B1 abgeschlossen, und die zweite Bremsphase B2 beginnt. Die zweite Bremsphase B2 beginnt kurz bevor der zunächst noch ansteigende Druck  $p(t)$  sein Maximum erreicht und dann wieder abzunehmen beginnt. Die Umschaltung kann nämlich nicht erst bei Erreichen des Druckmaximums, also dem Nulldurchgang der ersten Ableitung  $p'(t)$  erfolgen, sondern muss auf Grund der Systemverzugszeiten früher einsetzen. Als reproduzierbarer Schaltzeitpunkt bietet sich der Wendepunkt der Druckanstiegskurve an, der dem Maximum der ersten Ableitung  $p'(t)$  bzw. dem Nulldurchgang der zweiten Ableitung  $p''(t)$  entspricht. Soll nicht dieser reproduzierbare Schaltzeitpunkt als Beginn der zweiten Bremsphase B2 genommen werden, sondern ein späterer Schaltzeitpunkt, so kann beispielsweise eine bestimmte prozentuale Abschwächung des Maximums der ersten Ableitung  $p'$  von t als Schaltzeitpunkt festgelegt werden. In Fig. 5 ist eine 25%ige Abschwächung als Schaltzeitpunkt eingezeichnet, so dass der Schaltzeitpunkt zwischen dem Wendepunkt der Druckanstiegskurve  $p(t)$  und deren Maximum liegt. Da ein vom Druck in der zweiten Zylinderkammer abhängiges Spannungssignal durch den Drucksensor 25 erfasst wird, kann der Beginn der zweiten Bremsphase B2 in der Steuereinrichtung 21 gemäß den vorstehenden Ausführungen bzw. gemäß Fig. 2 errechnet werden. Andere alternative Möglichkeiten zur Berechnung eines Zeitpunkts kurz vor Erreichen des Druckmaximums sind selbstverständlich ebenfalls denkbar. Die Wahl dieses Schaltzeitpunkts hängt hauptsächlich von der Dynamik und dem Durchfluss des Ventils sowie den Mess- und Auswerteverzugszeiten ab. Dementsprechend muss der Schaltzeitpunkt von den verfügbaren Komponenten abhängig gemacht werden.

[0028] Ist dieser errechnete Schaltzeitpunkt S3 somit erreicht, so verbleibt das Servoventil 14 in seiner Drosselstellung, und es wird auf eine Differenzdruckanpassung umgeschaltet, das heißt, durch das Servoventil 15 wird der Druck in der zweiten Zylinderkammer 13 so weit abgesenkt, dass sich ein Differenzdruckniveau zwischen den Zylinderkammern 12, 13 einstellt, das zu einer langsamen Kriechbewegung des Kolbens führt. Diese zweite Bremsstellung 29 der Servoventile 14, 15 wird bis zum Erreichen der rechten Anschlagposition A2 zum Zeitpunkt t3 beibehalten. Das Erreichen der Anschlagposition A2 kann beispielsweise über eine Druckabsenkung in der zweiten Zylinderkammer bzw. einer plötzlich einsetzenden Veränderung des Differenzdrucks detektiert werden. Nun erfolgt wiederum eine Umschaltung in eine Warteposition 30, in der beide Servoventile 14, 15 ganz geöffnet sind, wobei durch Umschalten des Wegeschaltventils 16 der Kolben 10 in der rechten Anschlagposition gehalten wird.

[0029] Die Ventileinstellungen der Servoventile 14, 15 für die zweite Bremsphase B2 werden durch eine so genannte Identifikationsfahrt im Lernmodus eingestellt und die entsprechenden Werte in der Steuereinrichtung 21 gespeichert. Der Kolben 10 wird dabei bei geringer Ab- und Zuluft-Drosselstellung der Servoventile 14, 15 in einer Langsamfahrt von Endlage zu Endlage bewegt. Über eine gewisse Strecke vor der Endlage wird der Differenzdruck zwischen den Zylinderkammern ermittelt, mit dem sich der Kolben gerade langsam und ohne Beschleunigungsanteile vorwärtsbewegt. Dieser Wert wird für beide Bewegungsrichtungen mit der entsprechenden Massenlast aufgenommen. Damit lassen sich die Einflüsse, wie ungleiche Kolbenflächen, Reibung, Einbaulage und Versorgungsdruck, ohne explizite Kenntnis dieser Größen berücksichtigen.

[0030] Zur Optimierung des Bewegungsablaufs des Kolbens 10 vor dem gedämpften zweiphasigen Annäherungsvorgang an die Anschlagpositionen kann eine Bewegungs-

steuerung vorgesehen werden, bei der die beiden Servoventile 14, 15 anstelle einer konstanten Einstellung über entsprechend vorberechnete Ventilsteuergrößen zur Erzielung eines definierten Bewegungsablaufs angesteuert werden. Die Beschleunigungen bzw. Verzögerungen und die Maximalgeschwindigkeit des Kolbens 10 sind Angaben, die als Wunschgrößen vom Anwender eingegeben werden müssen. Zur Generierung eines gewünschten Bewegungsprofils bietet sich ein Analogbahngenerator an, wie er beispielsweise in dem Artikel von Otto Föllinger, Regelungstechnik, 8. Auflage, S. 303, "Steilheitsbegrenzer zweiter Ordnung", beschrieben ist. Für einen sanften Anlauf ist die Vorgabe der Zielposition als Sprungfunktion nicht wünschenswert, zumal sich eine echte blockförmige Beschleunigung physikalisch nicht realisieren lässt. Wird statt eines Sprungs eine Rampe mit Steigung der gewünschten Maximalgeschwindigkeit und Endwert der Sollposition vorgegeben, kann dieser Effekt abgemildert werden, ohne all zu große Einbußen in der Dynamik des Systems zu erhalten.

[0031] Um der Bahnvorgabe im offenen Kreis, also gesteuert und nicht geregelt, folgen zu können, muss die Ventilsteuerung bereits in der richtigen Größe ausgegeben werden. Dies erfordert eine genaue Vorbereitung des Streckenverhaltens. Zur Vorbereitung müssen viele Systemgrößen bekannt sein. Eine detaillierte Kenntnis der am Systemverhalten beteiligten Größen ist für die angedachte Bandbreite der Antriebe nicht ohne Weiteres zu erlangen und deren manuelle Eingabe wahrscheinlich nicht zumutbar. Mit der Verfügbarkeit von Druck- und Positionssignalen besteht die Möglichkeit einer ausführlichen Systemidentifikation. Über eine entsprechend ausgelegte Identifikationsroutine kann ein Großteil der erforderlichen Kenndaten automatisch ermittelt werden. Für die Inbetriebnahme blieben allenfalls noch einfache geometrische Daten, zum Beispiel der Zylinderdurchmesser und -typ.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur gedämpften Positionierung eines in einem Zylinder verschiebbaren Kolbens in einer Anschlagposition, mit an einer elektronischen Steuereinrichtung angeschlossenen Sensormitteln zur Erfassung wenigstens einer einen Abbremsvorgang vor Erreichen der Anschlagposition auslösenden Auslöseposition, und mit einer an der Steuereinrichtung angeschlossenen ersten und zweiten Proportionalventilanordnung zur Steuerung der Fluidzufuhr und -abfuhr in den beiden Zylinderkammern zu beiden Seiten des Kolbens, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (21) zur Durchführung eines zweiphasigen Annäherungsvorgangs an die Anschlagposition ausgebildet ist, bei dem in der ersten Phase bei Erreichen der Auslöseposition beide Proportionalventilanordnungen (14, 15; 19, 20) in Drosselstellungen bringbar sind und bei dem in der zweiten vor Beginn einer Druckabsenkung in der das Fluid abgebenden Zylinderkammer (13) beginnenden Phase ein festlegbarer, eine Kriechbewegung des Kolbens (10) bewirkender Differenzdruck zwischen den beiden Zylinderkammern (12, 13) einstellbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beide Proportionalventilanordnungen (14, 15; 19, 20) in der ersten Phase im wesentlichen gleiche Drosselstellungen aufweisen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (21) Mittel zur Bildung der ersten und vorzugsweise auch der zweiten zeitlichen Ableitung des Druckverlaufs in der

das Fluid abgebenden Zylinderkammer (13) besitzt, wobei ein festlegbarer Zeitpunkt vor dem Nulldurchgang des ersten Ableitung oder ein festlegbarer Zeitpunkt nach dem Nulldurchgang der zweiten Ableitung den Beginn der zweiten Phase bildet.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine vorgebbare Absenkung des Verlaufs der ersten Ableitung nach dem Nulldurchgang der zweiten Ableitung den festlegbaren Zeitpunkt bildet.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (21) zur Erfassung des vorgebbaren Differenzdrucks der zweiten Phase in einem Lernvorgang ausgebildet ist, bei dem die Kriechbewegung des Kolbens (10) vorzugsweise in den beiden Bewegungsrichtungen einstellbar ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (21) für den Bewegungsvorgang vor Erreichen der ersten Phase zur Einstellung der ersten Proportionalventilanordnung (14; 19) als Zuluftventil und der zweiten Proportionalventilanordnung (15; 20) als Abluftdrossel ausgebildet ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Proportionalventilanordnungen (19, 20) durch zwei 3/3-Servoventile gebildet werden.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Proportionalventilanordnungen (14, 15) durch zwei 2/2-Servoventile in Verbindung mit einem 4/3- oder 4/2-Wegeschaltventil gebildet werden.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Sensormittel (22, 23) Näherungsschalter oder Kurzwegmesssysteme oder ein Wegmesssystem vorgesehen sind.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jede Zylinderkammer (12, 13) mit einem Drucksensor (24, 25) versehen oder verbunden ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (21) Mittel zur gesteuerten Bewegung des Kolbens (10) vor Erreichen der Auslöseposition in Abhängigkeit vorgebarer Bewegungsfunktionen, insbesondere Rampenfunktionen, besitzt.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

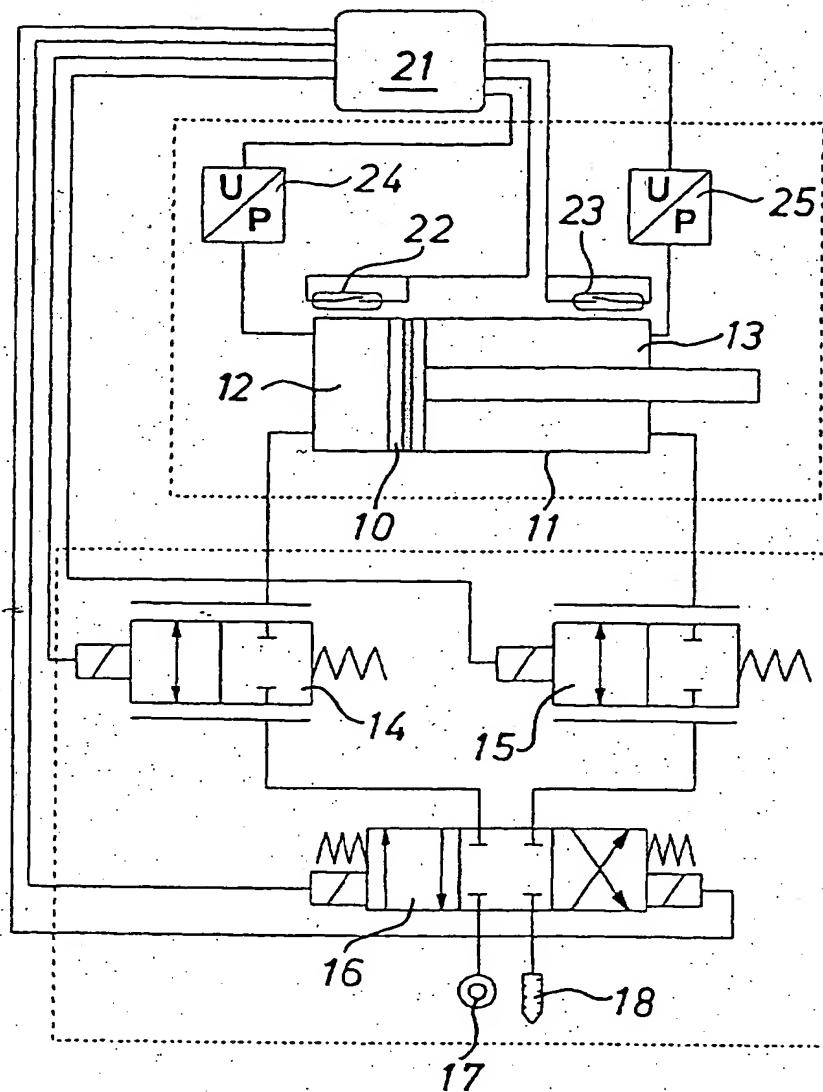
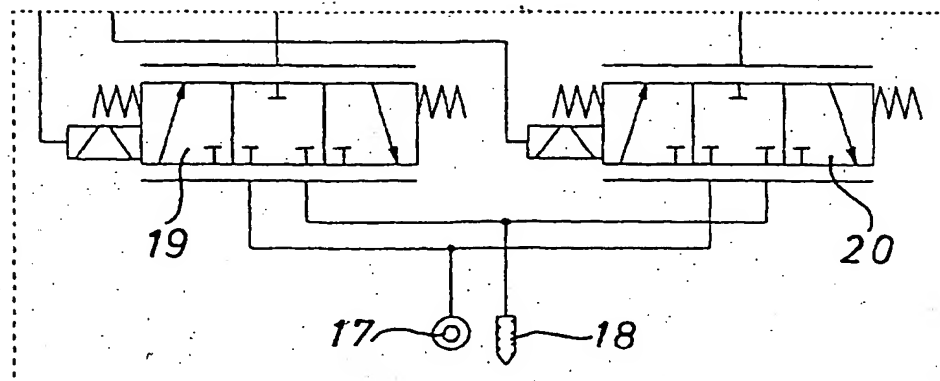


Fig. 1



*Fig. 2*

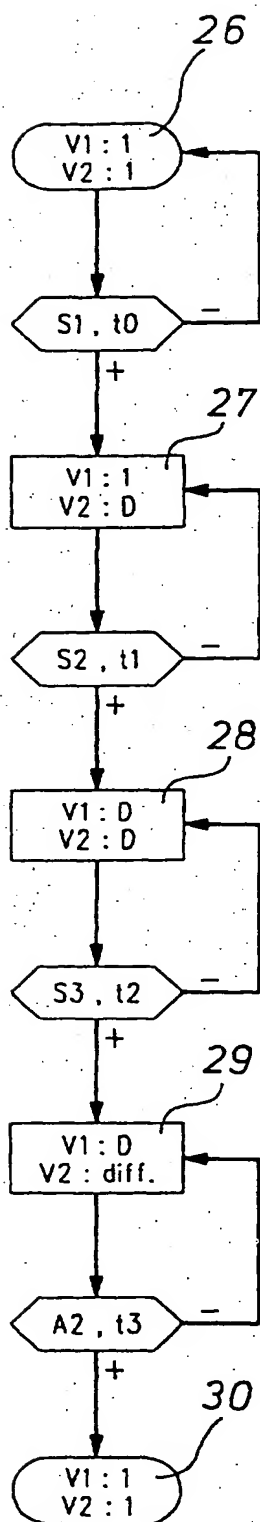


Fig. 3

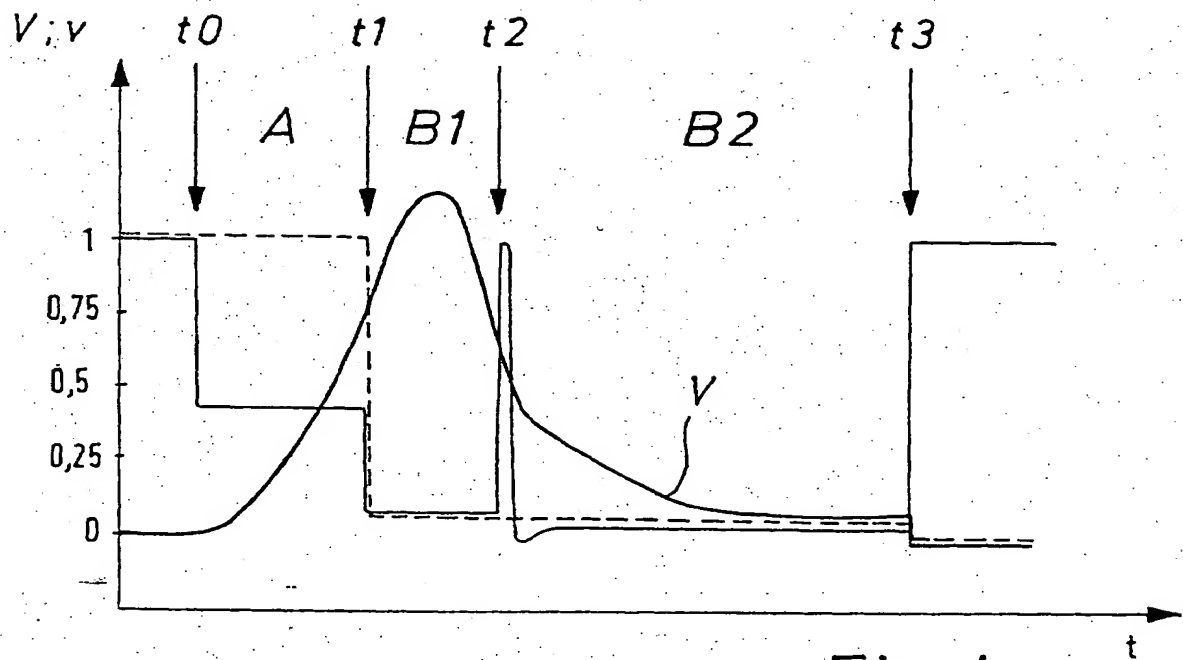


Fig. 4

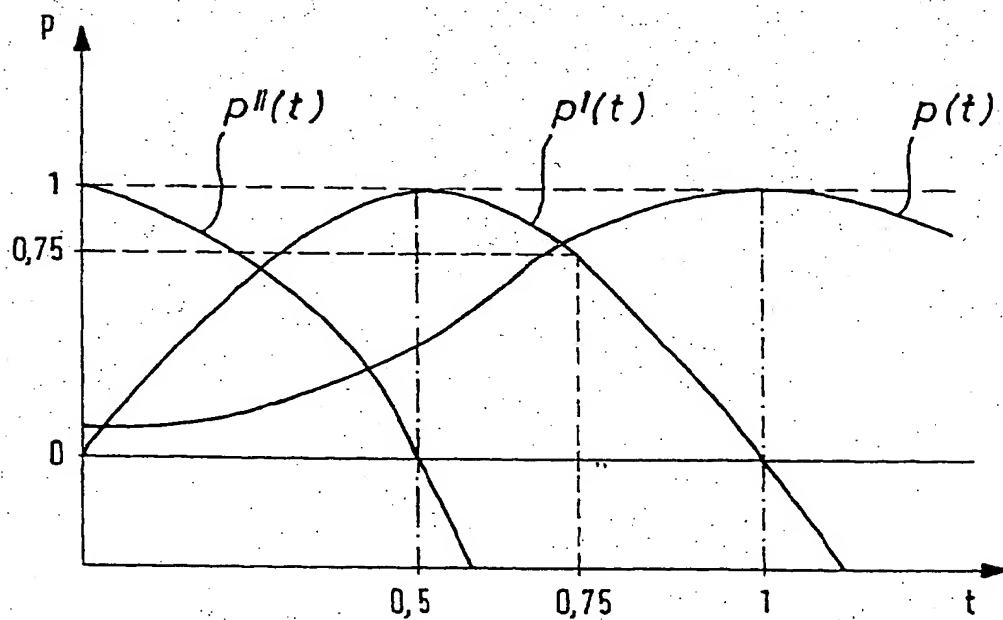


Fig. 5